STYPOPODIUM SCHIMPERI (BUCHINGER EX KÜTZING) VERLAQUE ET BOUDOURESQUE COMB. NOV. (DICTYOTALES, FUCOPHYCEAE), ALGUE DE MER ROUGE RÉCEMMENT APPARUE EN MÉDITERRANÉE

M. VERLAQUE et C.F. BOUDOURESQUE

Laboratoire de Biologie marine et d'Ecologie du Benthos, Faculté de Luminy, 13288 Marseille Cedex 9, France.

RÉSUMÉ - L'étude du matériel original du *Zonaria schimperi* de mer Rouge a permis d'établir son appartenance au genre *Stypopodium*. *Stypopodium schimperi* diffère de tous les autres *Stypopodium* décrits par son thalle dressé, membraneux, fin et translucide (sauf dans les parties âgées), la disposition dispersée de ses sporanges ainsi que par ses dimensions cellulaires. La signalisation de *S. zonale* en Méditerranée est discutée à la lumière de nos résultats; elle se rapporte très probablement au *S. schimperi*. Enfin, après examen d'un isotype, *S. tubruqense* de Libye est considéré comme un synonyme de *S. schimperi*. La récente découverte de cette algue en divers points de Méditerranée orientale constitue une nouvelle illustration du processus de migration lessepsienne.

ABSTRACT - The study of original material of *Zonaria schimperi* from Red Sea has hallowed to demonstrate its belonging to the genus *Stypopodium*. *Stypopodium schimperi* differs from all other described species of *Stypopodium* by its erected, thin and translucid membranaceous thallus (except old parts), the scattered arrangement of its sporangia as well as its cell dimensions. The citation of *S. zonale* in the Mediterranean Sea is discussed by the light of our results; it very probably agrees with *S. schimperi*. Finally, after study of an isotype specimen, *S. tubruqense* from Libya is regarded as a synonym of *S. schimperi*. The recent discovery of this alga from any localities of the Eastern Mediterranean Sea constitutes a new illustration of the Lessepsian migration process.

MOTS CLÉS : Dictyotales, Fucophyceae, *Stypopodium schimperi*, *Stypopodium zonale*, *Stypopodium tubruqense*, migration lessepsienne, mer Rouge, Méditerranée.

INTRODUCTION

Le genre *Stypopodium* Kützing (1843) a récemment fait son apparition en Méditerranée. En 1989, Nizamuddin & Godeh décrivent une espèce nouvelle, *Stypopodium tubruqense*, sur les côtes de Libye. Simultanément, Mayhoub (1989) signale *Stypopodium fuliginosum* (Martius) Kützing (= *S. zonale* (Lamouroux) Papenfuss) en Syrie où il serait fréquent depuis 1979.

Source : MNHN, Paris

Mayhoub & Billard (1991 a et b) reprennent cette signalisation sous le nom de *S. zonale* et réduisent *S. tubruqense* au rang de synonyme de cette espèce.

En 1982, nous avons récolté un *Stypopodium* sur le littoral méditerranéen d'Egypte. A l'époque, son identification s'était avérée délicate car aucun des représentants du genre, *S. zonale* inclus, ne concordait avec nos échantillons. Ultérieurement d'autres spécimens nous sont parvenus de Méditerranée orientale. La subite et rapide expansion de cette algue dans cette région, à l'instar d'autres espèces originaires de mer Rouge, nous a incités à envisager l'hypothèse d'une migration lessepsienne plutôt que celle d'un taxon nouveau. L'unique *Stypopodium* signalé en mer Rouge étant *S. zonale* (Nasr, 1947; Rayss, 1959; Papenfuss, 1968), nous avons considéré les autres Dictyotales de la région. Parmi celles-ci, seul *Zonaria schimperi* Buchinger ex Kützing s'est révélé être un candidat sérieux pour nos recherches, les maigres descriptions disponibles sur ce *Zonaria* peu connu s'accordant en effet assez bien avec notre algue. De surcroît, De Toni (1895) avait déjà envisagé que ce taxon pouvait appartenir, non pas au genre *Zonaria* C. Agardh, mais au genre *Stypopodium* Kützing: "*Zonaria? schimperi... An Stypopodium?*" Nous avons donc confronté l'algue de Kützing avec plusieurs *Stypopodium* de mer Rouge, de Méditerranée et de l'Atlantique. Les résultats de ces recherches font l'objet du présent article.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Spécimens étudiés:

- **Matériel original du *Zonaria schimperi*** Buchinger ex Kützing.
MER ROUGE: 937-46-207, *Padina Schimperi Nob.*, sans localité, récolte Schimper; 937-46-239, *Padina Schimperi* Buching., Noweba, récolte Schimper. Herbarium général, Rijksherbarium de Leiden (L).

- ***Stypopodium schimperi*** (Buchinger ex Kützing) Verlaque et Boudouresque comb. nov.
MER ROUGE: H.2493, 8.xii.1987, Israël, Eilat, platier récifal, récolte Amat. MEDITERRANEE: H.2488 / F. 1331 et H.2489 / F.1332, Egypte, El Dabaa, failles rocheuses ombragées, respectivement 21.x.1982, 9m de profondeur et 16.x.1982, 5-6m de profondeur, récolte Boudouresque; H.2490 /F.1333, Turquie, île Süngükaya, Cesme, 21.vii.1989, 10m de profondeur, récolte Cirik; H.2491 - 2492 /F.1334, Chypre, 1990, 6 à 10m de profondeur, récolte Weinberg. Herbarium LBMEB, Faculté des Sciences de Luminy, Marseille, à l'exception du H.2492, déposé au Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris (PC).

- ***Stypopodium zonale*** (Lamouroux) Papenfuss. ATLANTIQUE: H.2494 - 2501, Canaries, Tenerife, Punta del Hidalgo, 17.iv.1980, 1 à 1.5m sous le niveau des basses mers, récolte Verlaque; H. 2502, Bermudes, Smiths Islands, 18.viii. 1949, 0.3 à 2m sous le niveau des basses mers, récolte Bernatowicz; H.2503, Cuba, côte Est, Jibacoa, 20.ix.1970, récif frangeant, 1-2m de profondeur, récolte Dizerbo. Herbarium LBMEB, Faculté des Sciences de Luminy, Marseille.

Source : MNHN, Paris

- ***Stypopodium tubruqense*** Nizamuddin et Godeh. MEDITERRANEE: Isotype, Libye, Tubruq, près d'Al Masirah Hotel, 17.vii.1986, 4m de profondeur, récolte Nizamuddin et Godeh. Herbarium du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris (PC).

Les spécimens conservés dans de l'eau de mer formolée à 4% ont leur numéros précédés d'un "F", les autres sont des exsiccata. Les examens à la loupe et au microscope optique ont été effectués dans de l'eau de mer sans coloration. Les observations ont porté sur le thalle vu à plat et sur des coupes transversales et longitudinales: au niveau du méristème apical, à 1mm et à 1cm de celui-ci, à la base ainsi que dans les portions fertiles. Les spécimens de Kützing ne possédant plus de sommets intacts, nous avons considéré la région terminale et la base du thalle. Tous les dessins ont été faits à la chambre claire.

RÉSULTATS

ÉTUDE DU *ZONARIA SCHIMPERI* DE KÜTZING

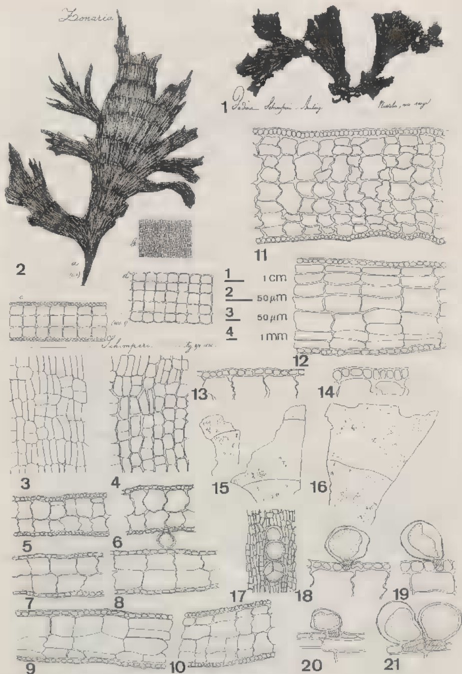
La description originale du *Z. schimperi* (Kützing, 1849) est, comme le souligne De Toni (1895), des plus succinctes:

Zonaria grandis, flabelliformis, coriacea, crassa, firma, basi cuneata, zonis distantibus - Padina Schimperi Buchinger. - In mari rubro ad Noweba legit cl. Schimper. *(vidi siccam speciem) - Specimen imperfectum misit. cl.* Lenormand.

Les spécimens de Kützing ont été récoltés par Schimper et nommés par Buchinger (nom manuscrit). Aucun type n'est désigné, toutefois les mentions "Buching." et "Noweba" (= localité-type) qui accompagnent l'unique exemplaire n° 937-46-239 (Fig. 1), nous conduisent à le considérer comme l'holotype de l'espèce. Noweba est l'actuelle Nuweiba (golfe d'Eilat, Sinaï, Egypte, mer Rouge).

Tous ces échantillons appartiennent au même taxon (Tab. I et Figs. 3-21). Le n° 937-46-239 ainsi que plusieurs exemplaires du n° 937-46-207 sont des sporophytes fertiles. Leur morphologie s'accorde bien avec la diagnose originale et avec l'illustration de Kützing (1859) (Fig. 2). Agés et en mauvais état, ils se présentent sous la forme de petites algues flabellées, brunâtres et racornies, plus ou moins déchirées longitudinalement. Le thalle atteint 5 à 13cm de hauteur et 5 à 16cm de largeur. Les bords sont souvent endommagés et le méristème apical fait toujours défaut. La surface de l'algue est ornée de zones concentriques de poils. Vu à plat, le cortex apparaît formé de cellules presque carrées (15-32 x 13,5-36μm) à rectangulaires allongées (8-25 x 19-61,5μm) (Figs 3,4). Dans la région supérieure, le thalle, de 159 à 192μm d'épaisseur, se compose de 4-5 couches de cellules: 2-3 couches de cellules médullaires allongées longitudinalement, entourées par un cortex de cellules plus petites et pigmentées (Fig. 5-8). A la base, l'épaisseur du thalle et le nombre de couches cellulaires varient avec la taille du spécimen: de 221-255μm et 6 couches de cellules de 384-460μm et 10 couches de cellules (Figs. 9-12). A ce niveau, les cellules médullaires se dispo-

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

sent irrégulièrement et restent toujours bien distinctes des cellules corticales contrairement à l'illustration de Kützing (1859) où le cortex fait défaut (Fig. 2d). Sur les coupes transversales, on dénombre, en général, 4-5 cellules corticales par cellule médullaire (Fig. 13, 14). Les sporanges, saillants à la surface du thalle, sont dispersés entre les stries de poils (Figs. 15-17). Chaque sporange, divisé en 4 à maturité, possède un pédicelle bicellulaire (figs. 18-21) ou très exceptionnellement unicellulaire. Il n'y a jamais de paraphyses ni d'indusie, même à la périphérie des zones fertiles où se rencontrent les jeunes sporanges en voie de différenciation (Fig. 17).

Malgré l'absence des méristèmes apicaux, nous pouvons affirmer que cette algue n'appartient pas au genre *Zonaria* C. Agardh tel qu'il est délimité par Papenfuss (1977), en raison:

- de la présence de 4-5 files de cellules corticales par file de cellule médullaire, au lieu de 1-2.
- des dimensions variables de ses cellules médullaires,
- de ses sores sans indusie ni paraphyses, contrairement aux *Zonaria*, hormis *Z. angustata* (Kützing) Papenfuss qui est dépourvu de paraphyses (Womersley, 1987).
- et de ses sporanges pédicellés et divisés en 4, au lieu de sessiles et divisés en 8.

Les zones concentriques de poils trahissent une Dictyotale à méristème apical formé de cellules initiales disposées en groupe ou en rangée (tribu des Zonarieae De Toni). Dans cette tribu, hormis le genre *Zonaria*, Papenfuss (1977) dénombre 12 autres genres. Les caractéristiques précédentes complétées par les suivantes:

- thalle flabellé, sans nervure ni calcification superficielle,
- présence de 6 à 10 couches de cellules à la base,
- cortex bien différencié,
- et absence de couche médiane de grande cellules médullaires,

constituent une combinaison qui permet d'éliminer les genres suivants: *Chlanidophora* J. Agardh, *Dictyopteris* Lamouroux, *Distromium* Levring,

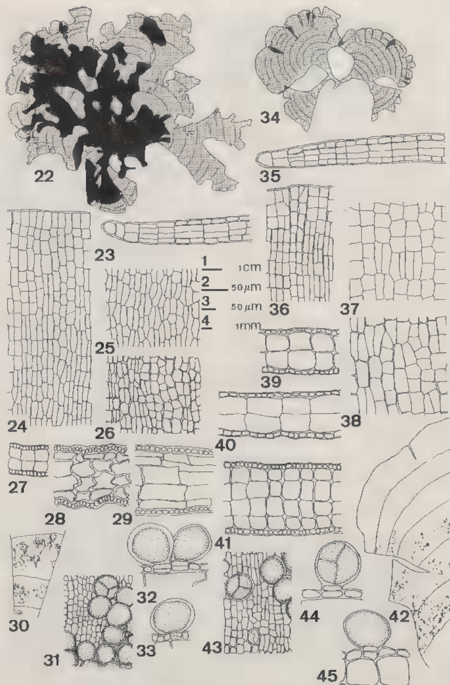
---

Abréviations utilisées pour toutes les figures: C.T.: coupe transversale; C.L.: coupe longitudinale.

Fig. 1-21. - *Zonaria schimperi* Buchinger ex Kützing. Fig. 1. Spécimen n° 937-46-239 et annotations d'origine. Fig. 2a-d. Illustrations originales d'après Kützing (1859). Fig. 3. Cortex, région terminale. Fig.4. Cortex, région basale. Figs. 5-6. C.T., région terminale. Figs. 7-8. C.L., région terminale. Figs. 9, 12. C.L., région basale. Figs. 10-11. C.T., région basale. Figs. 13-14. C.T., région médiane, détail du cortex. Figs. 15-16. Disposition des sporocystes à la surface du thalle. Fig. 17. Petit groupe de 3 sporocystes à différents stades de différenciation. Fig. 18-19. C.T. au niveau des sporocystes. Figs. 20-21. C.L. au niveau des sporocystes.

Figs 1, 3-5, 7, 9-10, 13, 15, 17-18, 20: spécimen 937-46-239. Figs. 6, 8, 11-12, 14, 16, 19, 21: spécimens 937-46-207. Echelle 1: Fig. 1; 2: Figs. 3-4, 13-14, 18-21; 3: Figs. 5-12, 17; 4: Figs. 15-16.

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

Homoeostrichus J. Agardh, *Lobophora* J. Agardh, *Lobospira* J. Areschoug, *Padina* Adanson, *Spatoglossum* Kützing, *Stoechospermum* Kützing, *Taonia* J. Agardh, ainsi que le genre *Padinopsis* Ercegovic, de position incertaine. Seul, le genre *Stypopodium* Kützing s'accorde avec toutes les caractéristiques du *Zonaria schimperi*.

Ce résultat a pu être confirmé par l'examen d'un sporophyte fertile, de 9cm de hauteur et 12cm de largeur, provenant du golfe d'Eilat (H.2493) (Tab. I, Figs. 22-23). Identique à l'algue de Kützing par son anatomie, il possède de surcroît les apex typiques d'un *Stypopodium*, c'est-à-dire: marges lobées, non enroulées et bordées par une rangée de cellules initiales de 25 à 40 µm de longueur. En conclusion, nous proposons donc la combinaison suivante:

Stypopodium schimperi (Buchinger *ex* Kützing) Verlaque et Boudouresque *comb. nov.*)

- **Basionyme:** *Zonaria schimperi* Buchinger ex Kützing F.T., 1849. *Species Algarum*, F.A. Brockhaus édit., Lipsiae: 565.

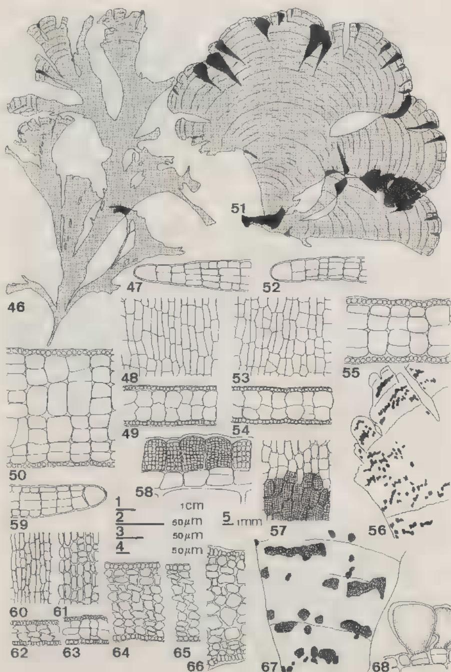
- **Iconographie:** Kützing F.T., 1859, *Tabulae Phycologicae*, IX: 30, Tab. 74. Natour *et al.*, 1979: Pl. 3, Fig. 4a et b. Farghaly, 1980: Pl. XV, Fig. 2.

- **Synonymie:** *Padina schimperi* Buchinger *nom. nud.* (Kützing, 1849), *Zonaria ambigua* Pigari et De Notaris, 1853 (Zanardini, 1858). *Zonaria latissima* Kützing, 1859 a aussi été considéré comme un synonyme possible du *Z. schimperi* (De Toni, 1895) mais la coupe transversale dessinée par l'auteur comporte une médulla régulière à rangée médiane de grandes cellules qui est très différente de celle du *S. schimperi* et rappelle plus celle d'un *Lobophora*.

- **Autres signalisations en mer Rouge:** Zanardini, 1858 (Suez); Muschler, 1908 (Egypte); Harvey-Gibson, 1908 (Port-Soudan); Nasr, 1947 (Suez, détroit de Jubal, Nuweiba, Port-Soudan); Natour *et al.*, 1979 (golfe d'Eilat, Jordanie); Farghaly, 1980 (Ghurdaqah).

Figs. 22-33. *Stypopodium schimperi*, mer Rouge (H.2493). Fig. 22. Aspect général. Fig. 23. C.L., sommet. Fig. 24. Bord supérieur du thalle vu à plat. Fig. 25. Cortex à 1cm du sommet. Fig. 26. Cortex, région basale. Fig. 27. C.T. à 1cm du sommet. Fig. 28. C.T., région basale. Fig. 29, C.L., région basale. Fig. 30. Disposition des sporocystes à la surface du thalle. Fig. 31. Détail. Fig. 32. C.L. au niveau des sporocystes. Fig. 33. C.T. au niveau des sporocystes. - Figs. 34-45. *S. schimperi*, Egypte, Méditerranée (F. 1331-1332). Fig. 34. Aspect général. Fig. 35. C.L., sommet. Fig. 36. Bord supérieur du thalle vu à plat. Fig. 37. Cortex à 1cm du sommet. Fig. 38. Cortex, région basale. Fig. 39. C.T. à 1cm du sommet. Fig. 40. C.L. à 1cm du sommet. Fig. 41. C.T., région basale. Fig. 42. Disposition des sporocystes à la surface du thalle. Fig. 43. Détail. Fig. 44. C.L. au niveau des sporocystes. Fig. 45. C.T. au niveau des sporocystes.
Echelle 1: Figs. 22, 34; 2: fig. 23-26, 32-33, 35-38, 44-45; 3: Figs. 27-29, 31, 39-41, 43; 4: Figs. 30, 42.

Source : MNHN, Paris



Source : MNHN, Paris

Plus jeune et en meilleure état que les spécimens de Kützing, notre échantillon de mer Rouge nous apporte quelques informations complémentaires sur la morphologie de l'espèce. Fixé à la base par des rhizoïdes, le thalle a un port dressé. Son aspect est un peu celui d'une grande *Padina* délicate, de couleur brun olivacé. Membraneux, fin et translucide au sommet, il s'épaissit et devient plus opaque dans les parties âgées. Ces observations s'accordent bien avec les descriptions de Zanardini (1858) et de Nasr (1947).

ÉTUDE DES SPÉCIMENS MÉDITERRANÉENS

Tous nos échantillons méditerranéens (Tab. I, Figs. 34-58) possèdent un thalle membraneux, flabellé et plus ou moins déchiré longitudinalement. L'algue, fine et translucide dans les parties jeunes, devient plus épaisse dans les parties âgées et à la base. D'après les observations de Weinberg, à Chypre, elle est iridescente. Leur morphologie et leur anatomie ne diffèrent pas de celles de l'algue de mer Rouge à l'exception toutefois des exemplaires d'El Dabaa, plus petits et à cellules corticales plus grandes (Tab. I, Figs. 34, 37, 38). Malgré cela, nous attribuons l'ensemble de ces récoltes au *S. schimperi*. Les différences quantitatives relevées à El Dabaa peuvent résulter soit d'une dérive génétique de l'espèce en Méditerranée, soit des conditions écologiques sévères qui règnent sur le littoral nord-africain. Dans cette région, les fonds sableux dominent, les rares substrats durs subissent une forte abrasion lors des tempêtes (Vitiello *et al*., 1985) et les algues fragiles, telles que *S. schimperi*, ne peuvent persister que dans les anfractuosités des rochers. L'éclairement atténué, allié à l'action conjuguée de l'hydrodynamisme et du sable, pourrait être à l'origine de la taille réduite et de l'anatomie particulière des individus.

A Chypre, des gamétophytes mâles fertiles ont été récoltés. Morphologiquement semblables aux sporophytes (Fig. 51), ils s'en distinguent par leurs organes reproducteurs qui forment, entre les zones concentriques de poils, des bandes transversales brunes, discontinues et en zig-zag (Fig. 56). Sans indusie ni paraphyses, même à leur périphérie, ils se composent

---

Figs. 46-50. *S. schimperi*, Turquie (F. 1333). Fig. 46. Aspect général. Fig. 47. C.L., sommet. Fig. 48. Cortex à 1cm du sommet. Fig. 49 C.T. à 1cm du sommet. Fig. 50. C.T., région basale. - Figs. 51-58. *S. schimperi*, Chypre (F. 1334). Fig. 51. Aspect général. Fig. 52. C.L., sommet. Fig. 53. Cortex à 1cm du sommet. Fig. 54. C.T. à 1cm du sommet. Fig. 55. C.T., région basale. Fig. 56. Disposition des organes mâles à la surface du thalle. Fig. 57. Détail. Fig. 58. C.L. au niveau des organes mâles. - Figs. 59-68. *Stypopodium zonale* (Lamouroux) Papenfuss, Atlantique. Fig. 59. C.L., sommet. Fig. 60-61. Cortex à 1cm du sommet. Fig. 62-63. C.T. à 1cm du sommet. Figs. 64-66. C.T., région basale. Fig. 67. Disposition des sporocystes à la surface du thalle. Fig. 68. C.T. au niveau des sporocystes.
Figs. 59-60, 62-65: Canaries (H.2494-2501). Figs. 61, 66: Cuba (H.2503). Figs. 67-68: Bermudes (H.2502). - Echelle 1: Figs. 46, 51; 2: Fig. 58; 3: Figs. 47-48, 52-53, 57, 59-61, 68; 4: Figs. 49-50, 54-55, 62-66; 5: Figs. 56, 67.

Source : MNHN, Paris

Espèces	*S. schimperi*						*S. zonale*
	[redacted] ROUGE			MEDITERRANEE			ATLANTIQUE
Origine et références des spécimens	Herbier Kützing Numeiba 937-46-239	Herbier Kützing station inconnue 937-46-207	Aqaba, golfe d'Ellat H.2493*	Egypte, El Dabaa F.1331 - 1332	Turquie, Ile Süngükaya F.1333	Chypre F.1334	Tenerife, Canaries H.2494 - 2501
THALLE :							
Hauteur, cm :	6.5	5.0 - 13.0	9.0	4.5 - 5.0	18.0	9.0 - 12.0	6.5 - 17.0
Largeur, cm :	10.0	5.0 - 16.0	12.0	5.0 - 5.5	15.0	12.0 - 17.0	10.0 - 29.0
Epaisseur, µm :	159 - 255	163 - 460	90 - 294*	154 - 292	144 - 477	136 - 269	92 - 335
et couches de ₵:	4 à 6	4 à 10	4 à 8	4 à 6	4 à 10	4 à 6	4 à 12
CORTEX, ₵, µm :							
Région apicale:	méristème apical absent		coupe	à 1 mm	du méristème	apical	
₵ carrées L :	-	-	15.5 - 23	17 - 23	17 - 19	19 - 23	9.5 - 19
l :	-	-	13.5 - 17	13.5 - 19	13.5 - 15.5	13.5 - 19	9.5 - 15.5
₵ allongées L :	-	-	17 - 47	19 - 44	19 - 42	19 - 46	17 - 44
l :	-	-	8 - 17	8 - 17	8 - 15.5	9.5 - 15.5	6 - 13.5
et région sous-apicale :	distance du sommet indéterminée		coupe	à 1 cm	du méristème	apical	
₵ carrées L :	16 - 36	17 - 33	17 - 29	17 - 42	17 - 36	17 - 31	15.9 - 19
l :	15 - 32	17 - 31	13.5 - 21	19 - 34	15 - 27	13.5 - 27	11.5 - 17
₵ allongées L :	23 - 52	21 - 55	17 - 58	27 - 86	23 - 59	21 - 54	21 - 44
l :	9.5 - 21	9.5 - 21	8 - 20	8 - 27	9.5 - 21	9.5 - 19	6 - 15.5
Région basale :							
₵ carrées L :	15 - 29	13.5 - 29	13.5 - 25	19 - 29	14 - 29	17 - 29	19 - 25
l :	17 - 27	15 - 29	11.5 - 21	19 - 38	17 - 29	19 - 29	17 - 19
₵ allongées L :	19 - 54	23 - 61.5	17 - 50	31 - 67	17 - 48	25 - 50	25 - 67
l :	8 - 21	11.5 - 25	6 - 19	13 - 27	9.5 - 23	8 - 23	9 - 21
MEDULLA, ₵, µm :							
Région apicale:	méristème apical absent		coupe	à 1 mm	du méristème	apical	
L :			48 - 90	54 - 105	42 - 56	50 - 100	50 - 87
l :			21 - 38	27 - 48	15 - 31	17 - 27	29 - 38
E :			12 - 23*	25 - 35	23 - 35	21 - 29	19 - 29
et région sous-apicale :	distance du sommet indéterminée		coupe	à 1 cm	du méristème	apical	
L :	77 - 115	106 - 150	52 - 125	107 - 153	58 - 115	46 - 126	77 - 134
l :	38 - 67	58 - 86	38 - 58	46 - 71	46 - 67	38 - 73	23 - 48
E :	30 - 77	44 - 87	29 - 42*	57 - 84	48 - 77	42 - 77	19 - 48
Région basale :							
L :	90 - 230	107 - 230	69 - 223	46 - 230	54 - 230	115 - 230	42 - 215
l :	42 - 77	30 - 92	38 - 102	46 - 92	35 - 100	61 - 100	23 - 61
E :	23 - 129	23 - 130	23 - 110	30 - 107	23 - 134	30 - 115	31 - 76
SPORANGES, µm :							
Ø :	80 - 102	83 - 110	95 - 110	80 - 110	-	-	-
H :	72 - 75	77 - 90	85 - 98	77 - 105	-	-	-

Tab. I - Caractéristiques quantitatives de *S. schimperi* et de *S. zonale* (*: réhydratation médiocre du matériel). Abréviations: ₵, cellules; L, longueur; l, largeur; E, épaisseur; Ø, diamètre; H, hauteur.

d'anthéridies de 23-38µm de longueur, 19-23µm de largeur et 21-34µm de hauteur, portées par une cellule-pied (exceptionnellement deux) (Figs. 57, 58).

Toutes ces récoltes illustrent la récente et rapide extension du *S. schimperi* en Méditerranée orientale.

CONFRONTATION AVEC LES AUTRES ESPÈCES DU GENRE

Jusqu'à présent, 6 autres taxons ont été décrits dans le genre *Stypopodium:*

- *S. australasicum* (Zanardini) Allender et Kraft,
- *S. flabelliforme* Weber van Bosse,

Source : MNHN, Paris

- *S. flabelliforme* var. *rabdoides* Allender et Kraft,
- *S. hawaiiensis* (Doty et Newhouse) Abbott,
- *S. zonale* (Lamouroux) Papenfuss,
- *S. tubruqense* Nizamuddin et Godeh.

Stypopodium flabelliforme et *S. hawaiiensis* se distinguent aisément du *S. schimperi* par leur thalle prostré, plus ou moins fixé au substrat par des rhizoïdes produits par leur face inférieure (Abbott, 1977; Allender & Kraft, 1983). *S. australasicum* a un port dressé proche de celui du *S. schimperi* mais, d'après le travail d'Allender & Kraft (1983), il possède un thalle plus épais (jusqu'à 700µm à la base, pour seulement 9 couches de cellules), des cellules apicales beaucoup plus allongées, 110µm au lieu de 25-40µm (60µm chez le *S. schimperi* d'El Dabaa) et des cellules corticales plus petites et presque carrées.

Mayhoub & Billard (1991a et b) signalent la pullulation de *S. zonale* en divers points de Syrie où il aurait fait son apparition vers 1979 (Mayhoub, 1989). Ils indiquent n'avoir relevé aucune différence morphologique notable entre leur algue et l'échantillon type du *S. zonale* sans toutefois donner d'informations sur l'anatomie de ce dernier. Décrit de Saint-Domingue (Haïti) (*Fucus zonalis* Lamouroux, 1805) et commun dans l'Atlantique tropical et sub-tropical, *S. zonale* est le seul *Stypopodium* signalé à la fois en mer Rouge (Nasr, 1947; Rayss, 1959) et en Méditerranée orientale. Sa confrontation avec le *S. schimperi* s'est donc avérée indispensable.

Bien qu'il puisse y avoir une certaine ressemblance entre les exsiccata de *S. zonale* et de *S. schimperi*, nous avons relevé des différences nettes, tant sur le plan morphologique qu'anatomique, entre ces deux taxons (Tab. I, II).

Tab. II. - Principales différences entre *S. zonale* et *S. schimperi*.

Caractères	*Stypopodium zonale*	*Stypopodium schimperi*
Hauteur maximale	jusqu'à 40cm	rarement plus de 30cm
Thalle	abondamment et précocement ramifié	flabellé puis déchiré longitudinalement
Texture	souple mais ferme, voire coriace	membraneuse; fine et fragile dans les parties jeunes
Nombre maximum de couches de cellules	15	10
Sporocystes	groupés en sores étendus et à limites nettes	isolés ou en petits groupes; sores diffus

Conformément aux travaux antérieurs (Harvey, 1851; Sauvageau, 1904; Collins & Hervey, 1917; Colin, 1978), nos exemplaires de *S. zonale* se distinguent de ceux du *S. schimperi* par leur grande taille (jusqu'à 30cm de hauteur; il peut atteindre 40cm) et par leurs ramifications plus abondantes et

Source : MNHN, Paris

plus précoces. A l'état frais, la consistance du thalle, bien que souple, est toujours très ferme, voire coriace. Anatomiquement, les dimensions cellulaires sont plus faibles et le nombre de couches cellulaires à la base est plus élevé (jusqu'à 15 sur nos spécimens) (Tab. I, Figs 60-66). Harvey (1851) puis Taylor (1960) ont décrit des sporocystes groupés en sores linéaires bordant les stries de poils. Sauvageau (1904) parle de sporocystes tantôt en sores, tantôt sans ordre et sans rapport avec les poils. En fait, sur nos spécimens, ces organes constituent des sores, plus ou moins transversaux, compacts et étroits, localisés contre mais aussi entre les stries de poils (Fig. 67). Comme cela semble être la règle chez les *Stypopodium*, les sporocystes possèdent un pédicelle généralement bi-cellulaire (Fig. 68). Ces sores sont bien conformes au dessin que Lamouroux a joint à l'échantillon-type du *S. zonale* (herbier Lamouroux, Caen: CN) et que Mayhoub & Billard (1991b) ont reproduit. Contrairement à l'avis de ces auteurs, cette disposition ne se retrouve pas chez leurs spécimens de Syrie qui possèdent, comme *S. schimperi*, un thalle membraneux largement flabellé à sporocystes dispersés ou en petits groupes (pas de grands sores bien définis). En conclusion, hormis l'absence de sporocystes divisés, la description de Mayhoub & Billard (1991a et b) s'accorde parfaitement avec l'algue de Kützing (morphologie, anatomie, dimensions) et non avec le *S. zonale*. Reconnaissant à la fois un nouveau cas de migration lessepsienne et l'identité générique de l'envahisseur, les auteurs auront opté pour le seul *Stypopodium* répertorié à ce jour en mer Rouge. Ils auront été les premiers à rencontrer *S. schimperi* sur les côtes Syriennes.

S. tubruqense a été découvert en Libye, en 1986 (Nizamuddin & Godeh, 1989) dans le golfe de Tubruq (à seulement 500km à l'ouest de notre station d'El Dabaa), et près de Benghazi. Sur la base de leurs observations, Mayhoub & Billard (1991a et b) le mettent en synonymie avec *S. zonale* mais l'isotype fertile (sporophyte) que nous avons pu examiner, ne s'accorde pas avec l'algue de l'Atlantique. Par contre, nous n'avons relevé aucune différence morphologique ni anatomique entre ce spécimen et des thalles âgés de *S. schimperi*. Nizamuddin & Godeh (1989) décrivent des tétrasporocystes à pédicelles unicellulaires, ils sont en fait, à de très rares exceptions près, bicellulaires comme chez *S. schimperi* (ils en représentent d'ailleurs un sur leur fig. 6). D'après la diagnose originale, la seule différence entre ces deux taxons semble se situer au niveau des anthéridies qui seraient plus grandes chez *S. tubruqense* (hauteur: 50-60μm) que chez *S. schimperi* (21-34μm). Ce caractère, très dépendant du degré de maturité de l'algue, nous paraît peu fiable. Nous rangeons donc *S. tubruqense* parmi les synonymes du *S. schimperi*.

L'absence de récoltes de *Stypopodium* sur les côtes méditerranéennes d'Israël est étonnante. Depuis 1980, Lundberg a signalé, sans description d'échantillons, la prolifération de deux Dictyotales: - à Mikhmoret, en 1973 et 1974 (Lundberg 1980, repris en 1989): *Spatoglossum asperum* J. Agardh, espèce de l'océan Indien, décrite de Ceylan et inconnue en Méditerranée et en mer Rouge (Papenfuss, 1968; Farghaly, 1980); - à Gaash, en 1981 (Lundberg, 1986): *Zonaria* sp. Il est permis de se demander si ces signalisations ne correspondraient pas aux premières observations du *S. schimperi* dans cette région.

Source : MNHN, Paris

CONCLUSION

Depuis 1849, la véritable identité du *Zonaria schimperi* restait méconnue. Notre étude nous a permis d'établir son appartenance au genre *Stypopodium*. Bien caractérisé par sa morphologie et son anatomie, *S. schimperi* ne s'accorde avec aucun *Stypopodium* décrit à ce jour. Second représentant du genre à être signalé en mer Rouge, il est récemment apparu en Méditerranée où il a été à l'origine de plusieurs méprises: description de *S. tubruqense* en Lybie, signalisations de *S. zonale* en Syrie, et peut-être aussi de *Spatoglossum asperum* et de *Zonaria* sp. en Israël (Fig. 69). La présence du *S. zonale* en mer Rouge, mériterait d'ailleurs d'être confirmée par de nouvelles récoltes car toutes les stations que nous avons répertoriées, se situent dans un secteur restreint de l'aire de distribution du *S. schimperi* (golfe de Suez: Nasr, 1947 et Rayss, 1959; sud du golfe d'Eilat: Lundberg & Lipkin, 1979) et une autre méprise entre les deux taxons ne peut être exclue.

Stypopodium schimperi constitue-t-il un nouveau cas de migration lessepsienne? Cela ne fait aucun doute pour les raisons suivantes: - l'algue est trop grande et trop caractéristique pour avoir pu échapper aux investigations antérieures, réalisées dans le bassin Levantin, notamment en Israël (Lipkin & Safriel, 1971), en Syrie (Mayhoub, 1976) et en Turquie (Cirik, 1978); - son expansion en Méditerranée orientale "suit" celle de plusieurs migrants lessepsiens classiques tels que la phanérogame *Halophila stipulacea* (Forsskål) Ascherson ou le poisson *Siganus rivulatus* Forsskål (Por, 1978); - comme c'est souvent le cas pour les migrants lessepsiens et plus généralement pour les espèces introduites (Farnham, 1980; Cinelli *et al.*, 1984; Verlaque, 1989; Meinesz & Hesse, sous presse), *S. schimperi* tend à pulluler localement (Syrie: Mayhoub & Billard, 1991a et b).

Son absence dans l'inventaire floristique du canal de Suez (Lipkin, 1972) n'est pas un fait unique; en effet, sur 41 migrants lessepsiens très abondants en Méditerranée, six n'ont pas été observés dans le canal; c'est le cas, par exemple, d'*Halophila stipulacea* (Por, 1978).

Quel sera le devenir de l'algue en Méditerranée? En mer Rouge, *S. schimperi* a une large amplitude bathymétrique: en Egypte, Nasr (1947) le considère comme une espèce profonde capable de se développer à -80m, alors que, dans le golfe d'Eilat, il se rencontre près de la surface, entre 0,5 et 1m de profondeur (Natour *et al.*, 1979). En Méditerranée, nos récoltes ont été réalisées entre -5 et -10m. Ses exigences vis-à-vis de la température et de la salinité semblent peu marquées puisqu'il est capable de supporter à la fois les eaux méditerranéennes de Chypre et de Turquie, plus "fraîches" et moins salées que celles de la côte Levantine, et celles surchauffées et sursalées (jusqu'à 44-46‰) du golfe d'Eilat. Au niveau des paramètres biotiques, *S. schimperi* devrait rencontrer peu de difficultés en Méditerranée. D'une façon générale, une fois acclimatée à un nouveau territoire, une espèce connaît souvent un essor remarquable en raison de l'absence de ses compétiteurs et de ses prédateurs habituels. Par ailleurs, il est intéressant de rappeler qu'un autre *Stypopodium*, *S. zonale*, se range parmi les algues "évitées" par les oursins et les poissons herbivores (Hay, 1981, Littler *et al.*, 1986), en raison de la présence de métabolites secondaires toxiques (Norris & Fenical, 1982;

Source : MNHN, Paris

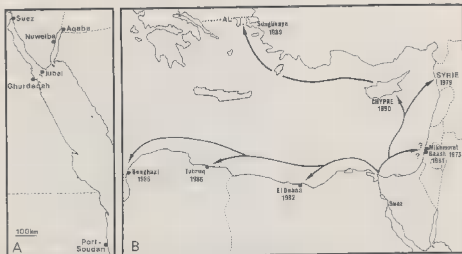


Fig. 69. - Répartition du *Stypopodium schimperi*. A. Localités de mer Rouge. B. Localités de Méditerranée et année de première récolte (?: localités à confirmer; A.L.: "Andispara line").

Gerwick *et al.*, 1985). En mer Rouge, Lundberg & Lipkin (1979) signalent que *S. zonale* (*S. schimperi*? cf. plus haut) n'est pratiquement pas consommé par les poissons brouteurs du genre *Siganus*. Mis en évidence chez une espèce, ce type d'adaptation se retrouve en général chez les autres représentants du même genre. Par conséquent, *S. schimperi* a de grandes chances de poursuivre sa progression en Méditerranée. D'une façon générale, depuis la réduction drastique du débit du Nil due à la mise en service en 1965 du barrage d'Assouan, le facteur crucial pour les migrants lessepsiens paraît être la température de l'eau. Au Nord, leur limite se situerait au voisinage d'une ligne hypothétique joignant Izmir (région déjà atteinte par *S. schimperi*), l'île d'Andispara et l'île d'Eubée ("Andispara line") (Por, 1978, 1990), bien qu'il y ait des exceptions (*Halophila stipulacea*, Lipkin, 1975). A l'ouest, le seuil séparant la Méditerranée orientale du bassin occidental semble constituer une barrière naturelle difficilement franchissable pour des raisons hydrologiques (température et salinité trop faibles) et courantologiques (courant ouest-est d'origine atlantique).

Au niveau taxonomique, nous pouvons nous attendre à une certaine dérive de l'espèce en Méditerranée; comme le souligne Por (1978): "The genetically isolated emigrant diasporas, living under different abiotic and biotic surroundings have most probably already started on the way to speciation". C'est peut-être le cas pour les populations du littoral nord-africain (Egypte, Lybie).

Source : MNHN, Paris

L'arrivée d'un intrus au sein d'une communauté en équilibre entraîne toujours des perturbations. Quels peuvent être les effets du *S. schimperi* sur les peuplements méditerranéens? Il est trop tôt pour le dire; toutefois sa pullulation en Syrie et sa résistance probable au broutage sont des faits préoccupants. La signalisation précoce de ce nouveau migrant lessepsien devrait permettre l'étude de sa progression et de ses effets en Méditerranée.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à adresser tous nos remerciements au Conservateur du Rijksherbarium de Leiden pour le prêt des échantillons du *Zonaria schimperi*. Nous remercions également Mlle F. Bergin qui a isolé des spécimens dans le matériel récolté par l'un de nous en Egypte, Mme M. Amat et les Professeurs S. Weinberg, S. Cirik et F. Ardré pour l'envoi des algues de mer Rouge, de Chypre, de Turquie et de Libye ainsi que Mme C. Abélard et le Dr. A. Caltagirone pour leur aide dans nos recherches bibliographiques.

BIBLIOGRAPHIE

ABBOTT I.A., 1977 - On the identity of *Zonaria hawaiiensis* (Phaeophyta, Dictyotales). *Bull. Jap. Soc. Phycol.* 25, Suppl.: 1-8.

ALLENDER B.M. & KRAFT G.T., 1983 - The marine algae of Lord Howe Island (New South Wales): The Dictyotales and Cutleriales (Phaeophyta). *Brunonia* 6: 73-130.

CINELLI F., SALGHETTI-DRIOLI & SERENA F., 1984 - Nota sull'areale di *Acrothamnion preissii* (Sonder) Wollaston nell'Alto Tirreno. *Quaderni Mus. Sto. Nat. Livorno* 5: 57-60.

CIRIK S., 1978 - *Recherches sur la végétation marine des côtes turques de la mer Egée. Etudes particulières des Peyssonneliacées de Turquie.* Thèse 3ème cycle, Univ. P. et M. Curie, Paris VI, Fr., 172p.

COLIN P.L., 1978 - *Caribbean reef invertebrates and plants.* T.F.H. Publ., Hong Kong, 512p.

COLLINS F.S. & HERVEY A.B., 1917 - The algae of Bermuda. *Proc. Amer. Acad. Arts Sci.* 53: 1-195.

DE TONI G.B., 1895 - *Sylloge algarum omnium hucusque cognitarum. III. Sylloge Fucoidearum.* Patavii, 638p.

FARGHALY M.E.S., 1980 - *Algues benthiques de la mer Rouge et du bassin occidental de l'océan Indien.* Thèse Sci. Nat., Univ. Sci Techn. Languedoc, Fr., 301p.

FARNHAM W.F., 1980 - 14. Studies on aliens in the marine Flora of Southern England. *In* PRICE J.H., IRVINE D.E.G. & FARNHAM W.F. (Eds.), *Systematics Assoc., Spec. vol. 17 (b), The shore Environment. vol. 2: Ecosystems.* London, New York, Academic Press, pp. 875-914.

FIGARI A. & DE NOTARIS G., 1853 - Nuovi materiali per l'Algologia del Mar Rosso. *Mem. Accad. Sci. Torino Ser. 2,* 13: 133-169, 6 figs.

GERWICK W.H., FENICAL W. & NORRIS J.N., 1985 - Chemical variation in the tropical seaweed *Stypopodium zonale* (Dictyotaceae). *Phytochemistry* 24: 1279-1283.

Source : MNHN, Paris

HARVEY W.H., 1851 - *Nereis Boreali - Americana. I. Melanospermeae.* Smithsonian Institution Publ., Washington, 149p., XII pls.

HARVEY-GIBSON R.J., 1908 - Reports of the marine biology of the Sudanese Red Sea. IX. Algae. *J. Linn. Soc. Zool.* 31: 76-80.

HAY M.E., 1981 - Spatial patterns of grazing intensity on a Caribbean barrier reef: herbivory and algal distribution. *Aquatic Botany* 11: 97-109.

KÜTZING F.T., 1843 - *Phycologia generalis...* Leipzig, XXXII + 458p., 80 pls.

KÜTZING F.T., 1849 - *Species Algarum.* F.A. Brockhaus, Lipsiae, 922p.

KÜTZING F.T., 1859 - *Tabulae phycologicae oder Abbildungen der Tange. IX.* Eberhardt imp. Nordhausen, VIII + 41p., 100 pls.

LAMOUROUX J.V.F., 1805 - *Dissertation sur plusieurs espèces de* Fucus *peu connues ou nouvelles; avec leur description en Latin et en Français,* 1, Agen et Paris, XXIV + 83p., 36 pls.

LIPKIN Y. & SAFRIEL U., 1971 - Intertidal zonation on rocky shores at Mikhmoret (Mediterranean, Israël). *J. Ecol.* 59: 1-30.

LIPKIN Y., 1972 - Contribution to the knowledge of Suez canal migration. Marine algal and sea-grass flora of the Suez canal (the significance of this flora to the understanding of the recent migration through the canal). *Israel J. Zool.* 21: 405-446.

LIPKIN Y., 1975 - *Halophila stipulacea,* a review of successful immigration. *Aquatic Botany* 1: 203-215.

LITTLER M.M., TAYLOR P.R. & LITTLER D.S., 1986 - Plant defense associations in the marine environment. *Coral Reefs* 5: 63-71.

LUNDBERG B. & LIPKIN Y., 1979 - Natural food of the herbivorous rabbitfish (*Siganus* sp. p.) in Northern Red Sea. *Botanica Marina* 22: 173-181.

LUNDBERG B., 1980 - *Selectivity of food algae by the herbivorous fish* Siganus rivulatus *in the marine vegetation at Mikhmoret (the Mediterranean coast of Israel).* Thesis PhD., Hebrew Univ., 176p.

LUNDBERG B., 1986 - Variations in algal vegetation along the Mediterranean shore line of Israël as possible basis for planning of marine nature reserves. *In:* DUBINSKY Z. & STEINBERGER Y. (Eds.), *Environmental Quality and Ecosystem Stability* III A - B, Bar-Ilan Univ. Press, Ramat-Gan, pp. 221-231.

LUNDBERG B., 1989 - Food habits of *Siganus rivulatus,* a lessepsian migrant, as adapted to algal resources at the coast of Israël. *In* SPANIER E., STEINBERGER Y. & LURIA M. (Eds.), *Environmental Quality and Ecosystem Stability* IV B, Environmental Qual. ISEEQS Pub., Jérusalem, pp. 113-124.

MAYHOUB H., 1976 - *Recherches sur la végétation marine de la côte syrienne. Etude expérimentale sur la morphogenèse et le développement de quelques espèces peu connues.* Thèse Sci. nat., Univ. Caen, Fr., 286 p.

MAYHOUB H., 1989 - Envahissement de la côte syrienne par une algue brune de mer Rouge. *Damascus Univ. J.* 5 (18): 65-79.

MAYHOUB H. & BILLARD C., 1991a - Contribution à la connaissance d'un *Stypopodium* (Dictyotales, Phaeophyceae) installé récemment sur les côtes syriennes. *Cryptogamie, Algologie* 12: 69-70 (Résumé de la communication présentée, le 21 décembre 1990, à la Société phycologique de France).

Source : MNHN, Paris

MAYHOUB H. & BILLARD C., 1991b - Contribution à la connaissance d'un *Stypopodium* (Dictyotales, Phaeophyceae) installé récemment sur les côtes syriennes. *Cryptogamie, Algologie* 12: 125-135.

MEINESZ A. & HESSE B. - Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord-occidentale. *Oceanologica Acta* (sous presse).

MUSCHLER R., 1908 - Enumération des algues marines et d'eau douce observées jusqu'à ce jour en Egypte. *Mém. Inst. égyptien* 5: 141-237.

NASR A.H., 1947 - Synopsis of the marine algae of the egyptian Red Sea coast. *Bull. Fac. Sci. Caire* 26: 1-155., pl. I-XIV.

NATOUR R.M., GERLOFF J. & NIZAMUDDIN M., 1979 - Algae from the gulf of Aqaba, Jordan. I. Chlorophyceae and Phaeophyceae. *Nova Hedwigia* 31: 39-67.

NIZAMUDDIN M. & GODEH M., 1989 - *Stypopodium tubruqense* (Phaeophyta, Dictyotales), a new species from the Mediterranean Sea. *Willdenowia* 18: 603-608.

NORRIS J.N. & FENICAL W., 1982 - Chemical defense in tropical marine algae. *In* RUTZLER K. & MacINTYRE I.G. (Eds.), Atlantic barrier reef ecosystem at Carrie Bow Cay, Belize, I. Structure and communities. *Smithsonian Contr. Mar. Sci.* 12, pp. 417-431.

PAPENFUSS G.F., 1968 - A history, catalogue, and bibliography of the Red Sea benthic algae. *Israël J. Bot.* 17: 1-118.

PAPENFUSS G.F., 1977 - Review of the genera of Dictyotales (Phaeophycophyta). *Bull. Jap. Soc. Phycol.* 25, Suppl.: 271-287.

POR F.D., 1978 - Lessepsian Migration. The Influx of Red Sea Biota into the Mediterrean by Way of the Suez Canal. *Ecological Studies* 23, Springer Verlag, Berlin, 228p.

POR F.D., 1990 - Lessepsian Migration. An appraisal and new data. *Bull. Inst. Océanogr., Monaco*, n° spéc. 7: 1-10.

RAYSS T., 1959 - Contributions to the knowledge of the Red Sea n° 15. Contribution à la connaissance de la flore marine de la mer Rouge. *Bull. Sea Fish. Res. Stn*, Israël 23: 1-32.

SAUVAGEAU C., 1904 - Observation sur quelques Dictyotacées et sur un *Aglaozonia* nouveau. *Bull. Stn Biol. Arcachon* 8: 1-16.

TAYLOR W.R., 1960 - *Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas.* Univ. Michigan Press, Ann Arbor, 870p.

VERLAQUE M., 1989 - Contribution à la flore des algues marines de Méditerranée: espèces rares ou nouvelles pour les côtes françaises. *Botanica Marina* 32: 101-113.

VITIELLO P., BOUDOURESQUE C.F., CARRIES J.C., HASSAN E.M.A., MAUBERT H., SOURENIAN B. & THELIN I., 1985 - Le benthos littoral d'El Dabaa (Méditerranée, Egypte). I. Données générales sur le domaine benthique. *Rapp. Commiss. Internation. Mer Médit.*, 29 (5): 245-246.

WOMERSLEY H.B.S., 1987 - *The marine benthic Flora of Southern Australia, part II.* The Flora and Fauna of South Australia Handbooks Commitee, South Australian Government Print. Div., Adélaïde, 484p.

ZANARDINI J., 1858 - *Plantae Maris Rubri.* J. Antonelli, Venetiis, 101p., XII pls.

Source : MNHN, Paris